跨学科科研合作:背景、理论研究与实践进展*

■ 曾粤亮[1] 司莉[2]
[1] 华中师范大学信息管理学院 武汉 430079 [2]武汉大学信息管理学院 武汉 430072

摘 要:[目的/意义]跨学科科研合作是新时代学术研究的重要形式和趋势,对科学创新和社会进步都具有推动作用,剖析其发展背景、现有理论研究与实践进展,将为跨学科科研合作领域的深入探究奠定基础。[方法/过程]以跨学科研究的产生与发展引出跨学科科研合作问题,阐释其与跨学科研究的关联,剖析跨学科科研合作的发展背景,进而通过国内外文献梳理总结跨学科科研合作的研究主题,并结合网络调查分析其实践进展。[结果/结论]国外研究主题聚焦于影响因素、合作环节与内容、促进策略;国内研究涉及合作现状与潜在合作、影响因素、跨学科团队知识交互、跨学科科研组织模式与管理机制;在实践方面,近年来科研资助机构大力资助跨学科科研合作项目、大型科研机构积极组织跨学科科研合作项目、世界一流高校建设跨学科科研合作平台与项目、重要国际会议倡导跨学科科研合作;未来的研究需强调跨学科科研合作的问题导向性和需求导向性,深入探究其运行保障体系、运行模式和管理机制、合作行为与交互机制等问题。

关键词:跨学科科研合作 跨学科研究 科研合作 科学创新
分类号:G250
DOI:10.13266/j.issn.0252-3116.2021.10.013

1 引言

伴随着信息技术的飞速发展与数字化科研基础设施的普及,学术交流模式与科研组织形式发生剧烈变革,大数据研究、大科学研究、开放科学越来越强调跨越学科界限开展科研合作以推动科学创新。另一方面,在国际上,重大突发传染性疾病、气候变化、能源安全、生命科学等关系全人类发展的问题突出,而解决这些问题往往不止依赖于一门学科的知识,需汇集不同学科的科研人员,以创新的方法和技术联合攻克;在国内,全面建成小康社会的决胜期,经济、政治、文化、社会、生态文明等多领域在改革发展稳定中攻坚克难,创新驱动发展的意义愈加深远。2015年10月26日,习近平总书记在《关于〈中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议〉的说明》中强调依靠跨学科和大协作开展协同创新对我国科技创新和国家发展的重大战略意义。“跨学科科研合作(interdisciplinary research collaboration)”表示不同学科的科研人员以研究问题为导向,通过多种形式的合作开展学术研究,实现多学科知识要素的融合,并产生创新性研究成果,被广泛认为是解决复杂科学难题和社会问题所必需的途径[1],也是推进我国创新驱动发展战略实施的重要选择。

“跨学科科研合作”这一概念建立于“跨学科研究(interdisciplinary research)”和“科研合作(research collaboration)”之上。赵晓春将跨学科研究划分为移植融合型、合作型、目标需求型,其中目标需求型研究表示通过调动不同学科及其研究力量集中解决一个有目标的、社会需求迫切的社会问题的合作研究形式,从本质上讲也属于合作型研究[2];黄颖等提出跨学科三维测度,包括参考文献视角、目标文献视角、合作模式视角[3]。可见跨学科研究通常涉及跨学科引用和跨学科合作两种模式。以往研究较多聚焦于跨学科引用,通过引文分析测度特定主题跨学科性的研究已取得丰富成果,展示了学科间知识的流动、扩散和转移。例如邱均平和曹洁采用文献共引分析法,结合学者 I. Rafols

* 本文系中国博士后科学基金面上项目“多维集成视角下跨学科科研合作行为影响因素及策略研究”(项目编号:2019M662689)研究成果之一。

作者简介:曾粤亮(ORCID:0000-0003-2460-7133),讲师,博士,E-mail:zengyueliang2014@163.com;司莉(ORCID:0000-0003-1028-8338),教授,博士生导师。

收稿日期:2020-10-19 修回日期:2021-01-19 本文起止页码:127-140 本文责任编辑:王传清

和 M. Meyer 提出的跨学科研究指标(多样性指标和凝聚性指标),以可视化方法展现图书情报学与计算机科学、管理学、医学之间期刊文献的跨学科知识扩散规律[4];吴江等基于基金代码共现方法测量学科知识流动强度,分别通过社会网络分析法[5]和多元回归分析法[6]研究不同学科知识流动路径;徐晴通过引文分析方法,对图书情报学科知识转移的供体学科和受体学科进行统计,并参考 T. Becher 的学科分类方法揭示图书情报学科知识转移特点[7]。与跨学科引用不同,合作型跨学科研究强调实际合作行为,在合作过程中实现不同学科知识、方法、技术、资源等多元要素的共享与融合,而不局限于科学文献层面的引用与合作,更强调问题导向,以研究促进实际问题的解决。近年来社会发展问题日趋复杂和综合,跨学科科研合作无疑是符合社会发展需求的,国内外学术共同体也逐渐聚焦跨学科科研合作问题,在研究与实践上均有新的探索,然而目前系统性和前沿性的研究尚少。因此,本研究从发展背景、研究主题和学术实践3个方面展现目前跨学科科研合作领域已有进展,为后续更系统和深入的探究奠定基础。

2 研究思路与方法

本文主要基于文献调研和网络调查,对获得的文献和资料进行分析,以跨学科研究为基础引出跨学科科研合作问题,剖析其发展背景,并对其研究主题与实践进展进行系统分析。各部分调查策略和文献处理流程如下:

(1)"背景"部分,首先对国内外期刊、会议和学位论文进行调研。其中英文以 WoS 为主要来源,以 SpringerLink、ScienceDirect、Emeraldinsight、EBSCOhost、ProQuest Research Library、Google Scholar 作补充,以"interdisciplinary research""collaboration""research collaboration""collaborative interdisciplinary research"等进行组配检索;中文以 CNKI 为主要来源,以"跨学科""科研合作""研究合作""跨学科科研""跨学科研究""跨学科合作""跨学科科研合作""跨学科研究合作"等进行组配检索,期刊文献限定为 CSSCI 来源及扩展版。剔除重复文献后,初步获得英文文献 118 篇,中文文献 139 篇;在此基础上进一步通读文献,对其中不属于"科研"范畴的跨学科合作的文献进行剔除,获得英文文献 86 篇,中文文献 116 篇;进一步阅读以获得高度相关文献,最终确定英文文献 64 篇,中文文献 56 篇,共 120 篇。接着从上述文献中提取影响"跨学科研究"与"跨学科科研合作"的关键事件、报告、政策、战略规划等,并通过网络调查对相关主体的发展进行更新、归纳和分析,旨在凸显跨学科科研合作的重要性,为后文研究主题和实践进展做铺垫。

(2)"理论研究"部分,对前期收集的 120 篇文献进行主题提炼和分类,发现国外研究聚焦于跨学科科研合作影响因素、合作环节与内容、推动策略等;国内涉及合作现状与潜在合作、影响因素、跨学科团队知识交互、跨学科科研组织模式与管理机制等。

(3)"实践进展"部分,在文献分析过程中提炼国家、科研机构、高校、学术联盟等层面推动跨学科科研合作的实践案例及其利益相关者,并通过百度、谷歌等搜索引擎,以"跨学科科研合作"和"跨学科科研合作+特定主体"的检索策略进行关键词检索,以获得最新发展资料。其中跨学科学术会议是推动不同学科科研人员交流与合作的重要平台,对于推动合作的形成具有重要作用,根据上述方式的调查发现,以"跨学科科研合作"为主题的会议较少,因而从"跨学科研究"主题会议中提取涉及"合作"议题的会议,结合会议主办方影响力、涵盖学科、影响范围,最终聚焦于3个较为典型的国际会议。

3 背景:从跨学科研究到跨学科科研合作

3.1 科学研究突破单一学科局限走向跨学科研究模式

科学研究经历长久演化逐渐呈现出高度分化又趋向综合的格局。一方面,在高等教育体系下,院系的建立通常以学科作为划分依据,依附于院系的学术组织和科研活动也呈现出相应的学科特征。在经典学科范式下,科研人员通过特定学科概念、范畴、研究对象和方法来构建完整的理论结构[8]。然而学科壁垒在一定程度上制约学科间的交流,对许多重大复杂科学问题的探究和解决产生阻碍[9]。另一方面,随着信息与通信技术的普及,学术交流模式朝网络化、协同化、开放化和多元化方向发展,越来越多的重大课题要求整合多学科知识、方法和技术加以攻克,学科交叉、渗透与融合的趋势日益明显[10]。科研人员逐渐打破单一学科局限开展学术交流活动,走向跨学科研究模式。作为创新的思维范式和研究方法,跨学科研究是科学综合化发展的表现,体现了知识的整体性和关联性,是当代科学发展的主要特征之一。一项研究显示,在20世纪172位诺贝尔医学奖和生理学奖获得者的获奖成果中,53%的原创性成果涉及到其他学科体系[11];无论是自然科学还是人文社会科学,跨学科研究均呈现明

显上升趋势[12]。从实践看，历史上推动科学进步、经济和社会发展的重大科技成果，大多通过跨学科研究取得，如青霉素的发现和 CT 扫描仪的发明；在信息时代，从纳米技术、信息技术、生物技术和认知科学之间的交叉融合，到互联网技术、大数据和人工智能的发展以及更广阔领域的拓展[13]，无一不体现跨学科研究的时代价值和影响力。

目前很多国家发布政策和报告来推动跨学科研究的实施。2005 年美国国家科学院、国家工程院、国家医学院、国家研究委员会联合发布《促进跨学科研究》[14]，作为美国“国家学院凯克未来计划(National Academies Keck Futures Initiative)”的一部分，该报告对跨学科研究的定义、现状、制度障碍和挑战等问题进行全面分析，为跨学科研究提供总体行动指南。2008 年奥巴马在竞选美国总统期间提出《投资美国的未来——奥巴马－拜登科学与创新计划》，明确指出创新来源于不同学科科研人员的知识交融，要积极鼓励多学科研究[15]。在英国，英格兰高等教育基金会(Higher Education Funding Council for England)联合英国研究理事会(Research Councils UK)于 2016 年发布两份关于跨学科研究的报告:《英国跨学科研究全景回顾》[16]和《英国高等教育机构跨学科研究案例研究述评》[17]，指出英国跨学科研究的系列障碍和激励措施，提供当今高等教育研究机构支持跨学科研究文化的有效做法，并从资助者、学术界、高等教育战略领导者的角度提出政策建议。在澳大利亚，2012 年澳大利亚学术学院理事会(Australian Council of Learned Academies)发布《加强跨学科学术研究》，对跨学科研究的内涵、分类、运行、利益相关者支持机制提出建议[18]。

同样，世界一流研究型大学普遍在战略规划中凸显跨学科研究的重要性。卡耐基梅隆大学在战略规划《Strategic Plan 2025》中提出要致力于培育一种用跨学科方法解决学习和研究问题的文化，通过深刻的学科知识驱动，在传统领域边缘和交叉点形成新的思维[19]。在战略规划支持下，高校通过基础设施建设和大型项目推动跨学科研究实践。例如波士顿大学于 2012 年建立计算和计算科学与工程研究所(Rafik B. Hariri Institute for Computing and Computational Science & Engineering)，通过计算和数据驱动方法开展跨学科研究；建立国家新发传染病实验室，通过跨学科研究解决世界上最致命的传染病；并将建设综合生命科学与工程中心，汇集校内跨学科研究小组，在光子学研究、合成和系统生物学、系统神经科学、信息和数据科学、传染病和全球健康研究等重要领域推动跨学科研究[20]。

近年来我国政府也在多项政策中提及跨学科研究的重要性。2006 年《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006－2020 年)》指出重大科学发现和新兴学科往往来源于多类学科的交叉、融合，需要给予高度关注和重点部署[21]。2016 年《国家创新驱动发展战略纲要》指出，在面向国家战略需求的基础前沿和高技术研究方面要“集成跨学科、跨领域的优势力量，加快重点突破”[22]。2016 年国务院印发的《“十三五”国家科技创新规划》提出要“加强信息、生物、纳米等新兴学科建设，鼓励开展跨学科研究，促进学科交叉与融合”[23]。

3.2 跨学科科研合作成为新时代推动创新的重要方式

科学的两个最核心元素是交流与合作[24]。作为最早关注科研合作增长状况的学者之一，美国耶鲁大学科学史专家 D. J. D. S. Price 在《小科学，大科学》一书中指出科研合作是科学发展史上最剧烈的变迁之一；自 20 世纪初期开始，科研合著论文比例稳步上升，科研合作不断加强[25]。科研人员之间的交流与合作成为知识生产和学术创新的重要环节。在科研环境日趋开放的当代，科研合作创新逐渐由自发演化为自觉，从或然发展到必然[26]，已成为当代科学研究的主流方式，并逐步向高水平、大范围、深层次、多模式方向发展[27]。许多研究课题，例如全球气候研究、世界人口研究、“一带一路”建设等，要求不同国家的科研团体通过合作形式共同探索。近年来我国政府多个重要文件对科研合作提出建议。例如 2013 年《国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012－2030 年)》指出，“联合共建与合作研究”有利于推动重大基础设施建设和完善，弥补单个国家在资金和技术方面的不足，尤其是“在事关人类共同利益和长远发展的科技领域”[28]；2017 年教育部和财政部在《统筹推进世界一流大学和一流学科建设实施办法(暂行)》提出要健全科研组织和机制，与国际一流高校和科研机构进行深入的学术交流与合作，以提高协同创新绩效[29]。

按照合作者学科来源，科研合作可分为单一学科内合作与跨学科合作。而美国跨学科学专家 J. T. Klein 指出，并非所有的跨学科研究都是通过合作进行的，但合作式的跨学科研究是真正推动知识创新和科学进步的重要方式[1]。历史上多项重大科学发现和发明是来自不同学科的科研人员通力合作的成果。如发现 DNA 双螺旋结构的的 4 位科学家来源于生物、化

学、物理学科，他们在激烈的学术交流与争论中相互启发，在合作与竞争的关系中充分发挥各自学科特长[30]，成就了 20 世纪生物学界最重要的发现。1984 年美国桑塔菲研究所（Santa Fe Institute）成立，诺贝尔奖获得者葛尔曼引领一批来自不同领域的科学家开展跨学科合作研究，将物理学、生物学、行为科学、艺术与人类科学联系在一起，取得一系列科学突破，如遗传算法、计算机网络、演化经济和人工生命系统等[31]。2014 年美国国家研究理事会（National Research Council, NRC）在《融合：促进生命科学、物理学和工程学的跨学科整合》报告中也强调不同学科知识交融对于解决当今时代重大科学和社会发展挑战的重要性，而跨学科科研合作是促成这一发展的重要方式[32]。

随着现代科学研究中的跨学科特性愈发明显，跨学科科研合作成为个体科研工作者、科研团队、跨系统组织等多元主体进行学术创新的主要途径[33]。在新时代，全球变化研究、人类基因图谱研究、航天工程研究、环境能源可持续发展等关系全人类发展的国际大型研究项目与日俱增，"大科学"（Big Science, Mega-science, Large Scinece）时代到来。2015 年 10 月我国十八届五中全会首次提出要"积极提出并牵头组织国际大科学计划和大科学工程"，从国家层面确定大科学研究的价值。2018 年国务院出台《积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程方案》[34]，从顶层设计、组织实施和统筹协调等方面进行部署，正式揭开我国大科学计划和大科学工程的序幕。2018 年 5 月 28 日习近平总书记在两院院士大会重要讲话中依然强调要推动大科学计划和大科学工程发展[35]。根据《小科学，大科学》一书的总结，跨学科合作是大科学的特点之一，合作规模宏大，前沿性突出。来源于不同国家、机构和学科的科学家以总体目标为导向进行有组织的、协作式、分布式研究。显然，在大科学时代，重大科学问题的解决不仅依赖于多学科交叉融汇，还要求不同学科的科研人员合作完成，保障团队知识结构、科研水平和效率，进而攻克技术难题[36]。

在高等教育层面，美国阿拉巴马大学伯明翰分校在《2018－2023 年战略规划》中强调，其科研战略目标之一就是加强机构合作和强化创新的文化氛围，其中重要内容是促进学校内外部跨学科科研合作[37]。2015 年我国国务院发布的《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》提出要"培育跨学科、跨领域的创新团队，增强人才队伍可持续发展能力"[38]；《国家创新驱动发展战略纲要》也提出要建设高水平国家实验室，凸显学科交叉与协同创新特点，以便更好地进行大科学创新研究[22]。这些政策推动了高校跨学科科研合作实践。

4 跨学科科研合作的研究主题

4.1 国外研究

4.1.1 跨学科科研合作影响因素

跨学科科研合作的优势在于其能够将各学科知识汇集在一起以解决复杂问题，但目前跨学科科研合作往往很难启动和维持[39]。R. Barthel 和 R. Seidl 指出跨学科科研合作，特别是自然科学与社会科学之间的合作需求越来越强烈，但在合作实际发生的程度、发展趋势、涉及哪些行动者等问题上依然是模糊的[40]。在特定环境和体制下，跨学科科研合作依然存在很多问题，其影响因素成为国外学者集中探究的问题，研究视角可归纳为以下 3 点。

（1）面向特定研究项目的研究。G. P. W. Jewitt 和 A. H. M. Gorgens 以克鲁格国家公园河流研究计划子项目为例，对水文学家、工程师、植物学家、生态学家和地貌学家之间的合作影响因素进行总结，其中积极因素包括：合作者的热情、交互撰写研究报告、团队由目标清晰的人指导、合作者乐于合作、理解他人的研究领域和能力、拥有共同愿景、对合作项目的坚定承诺；消极因素包括：多个项目时间投入冲突、因研究方法/知识结构/术语不同而产生交流困难、科研成果所有权归属争议、科研支出争议、数据实用性矛盾、个性冲突[41]。G. G. Karp 等以休闲领域科研人员（leisure researcher）加入公共卫生（public health）和运动机能学（kinesiology）等领域以解决肥胖问题为案例，考察休闲、健康教育、体育和 STEM（Science/Technology/Engineering/Mathematics，科学、技术、工程、数学）等领域科研人员的合作情况，研究显示合作受时间、交流程度、距离、资历水平、在项目中的角色定位等因素影响[42]。

（2）面向特定研究领域的研究。K. L. Maglaughlin 和 D. H. Sonnenwald 对自然科学领域 22 位跨学科科学家进行访谈以及对一个跨学科研究中心进行长达 5 年的调研和分析，确定了跨学科科研合作影响因素的 4 个维度：个人因素（专长、社会网络、信任等）、资源因素（经费、时间、学生、文献等）、动机因素（新发现、外部奖励等）、共同点因素（乐趣、学科偏见、学科语言等）[38]。C. M. Weston 等对转化医学科研人员进行调查，显示合作的困难包括确定合作专家、找到具有必要技能的合作者、启动合作研究，其他障碍包括缺乏合作

时间和资金，以及个人主义环境（即强调个人利益的组织氛围）[43]。O. G. Simmons 和 J. A. Davis 聚焦于心理疾病研究领域，面向一个由社会学家、人类学家、精神病学家、临床心理学家和社会工作者组成的跨学科团队开展"临床"和"定量"研究，发现主要障碍不是预先设想的概念差异，而是方法论差异，涉及研究问题选择、抽样程序、数据类型、数据收集技术[44]。S. K. Gardner 面向一个专注于可持续性科学（sustainability science）的大型跨学科研究团队（成员来自生物物理学、社会科学、人文科学等学科）开展访谈，结果表明学科范式差异（paradigmatic difference）为跨学科科研合作带来挑战，包括语言障碍以及对其他学科方法论和认识论缺乏深入理解，硬学科和软学科之间的鸿沟与这些学科分类中固有的学科地位和等级相关[45]。

（3）面向特定研究机构的研究。C. A. Heller 和 F. Michelassi 面向全美外科研究部门主任开展调查，显示主要合作障碍包括：缺乏足够的合作研究时间、种子资金、足够的基础研究、兴趣，以及跨领域沟通问题、无法了解潜在的合作者；综合而言，提供种子资助和活跃的联系网络是推动合作的主要因素[46]。P. R. Bishop 等以美国田纳西大学国家数学与生物合成研究所（National Institute for Mathematical and Biological Synthesis）为例，通过文献计量和访谈对其出版和合作行为进行研究，发现科研人员加入跨学科研究中心对其跨学科合作活动具有显著积极影响，合作成功因素包括有组织的领导、积极的氛围、分组的合理性、合作能力[47]。D. Rhoten 以美国 6 个跨学科研究中心为样本，采用社会网络分析和民族志方法探究跨学科研究的组织、跨学科科研合作行为、跨学科科研活动管理等问题，发现：①组织边界是阻碍合作的重要因素；②在合作网络中，中心主任始终占据最核心的位置，而来自"混合"学科或具有跨学科研究经历的科研人员起到了"桥"（沟通连接）的作用；③科研人员关系的平均持续时间和互动频率对研究关系有显著影响，缺乏明确的团队合作目标不利于中心发展[48]。

除上述实证探索外，还有学者进行综合性的理论探讨，集中于学科差异、学科体制、组织边界等问题。A. R. Horwitz 提出，对跨学科科研合作感兴趣的科研人员需认识到不同学科文化差异，涉及信誉和学科精英主义（Disciplinary Elitism）等问题[49]。Y. Rogers 等指出，有许多认识论障碍和文化差异阻碍了科研人员思想的交叉融合，包括概念互不相通，分析单元不同，世界观、期望、标准和价值判断差异，例如社会科学家不认为认知概念具有解释力，而认知科学家往往忽视环境和社会结构，这些给跨学科科研合作带来一定的障碍[50]。

综上，不同情境或领域下跨学科科研合作具有不同的影响因素，主要可归为 4 类，如表 1 所示：

表 1　跨学科科研合作影响因素分类

影响因素分类	具体因素及参考文献
合作者特质	合作意愿[41]、投入时间[46]、合作能力[47]
学科范式差异	方法论差异[44-45]、认识论差异[45,48]、学科语言与话语权[51]、文化差异[49]
组织运行	组织领导与合作氛围[47]、团队目标[48]、共同愿景[41]、联络平台[46]、利益冲突[41]
外部支持	种子资金[43,46]、机构支持[39]

4.1.2　跨学科科研合作环节与形式

国外研究普遍认同合作是推动跨学科研究的有效机制。然而跨学科科研合作应如何开展是一个关键问题，有必要对合作环节与内容进行探究。G. M. Crow 等以一项质性研究为例，指出人类学、心理学和社会学学者在访谈、实地笔记、叙事建构等环节实现合作，其优势在于：①学科差异能帮助他们减小丢失重要信息的可能性，并给予更全面的解释，理解问题的复杂性；②使其在解释和呈现研究结果时语言使用更加准确；③使研究设计更加科学合理[50]。K. T. Silva 等以三角计划（The Triangle Programme）二期项目为例，发现其中艺术、农业和医学等多学科科研人员参与健康社会科学联合研究计划，合作贯穿于以下环节：项目研究计划的开发、项目执行、数据分析和报告撰写、研究成果的传播[52]。A. R. Horwitz 以细胞生物学为中心，通过现实合作例子总结多个学科对细胞生物学的贡献，可概括为技术合作、策略合作、方法合作、资源合作、设备合作等[48]，如表 2 所示：

表 2　多个学科对细胞生物学研究的贡献

合作者所在学科	对生物细胞学研究的贡献
数学	分析高通量项目（基因组学和蛋白质组学）；改进计算算法；设计新颖的建模策略
化学	合成小分子抑制剂；筛选用于抑制剂的组合；研发新型试剂；提供新型生物材料
物理学和物理化学	研发新型荧光技术；提出结构分析新方法；测量和分析物理性质；提供新型显微镜
计算科学	构建数据库（知识库）；搭建交互式和基于 Web 的建模平台；设计生物现象相关模型
工程学	高通量测量；生物过程系统建模；优化细胞过程；提供微/纳米制造设备

4.1.3　跨学科科研合作促进策略

国外学者针对跨学科科研合作中出现的问题和障碍提出了相应的改善或促进策略，可归纳为组织策略

与技术策略。

（1）组织层面的促进策略。R. C. Bindler 等以美国农业部资助的一个跨学科科研合作项目——青少年饮食和活动指导（Teen Eating and Activity Mentoring in Schools）为例，提出团队成功的主要策略包括确立明确的组织结构、制定跨学科成员信息交流计划、制定科研信息管理策略[53]。J. E. Stone 等以美国杜克大学系统生物学中心（Duke Center for Systems Biology）的跨学科、自由和开放式讨论的学术文化为例，认为开发一套允许不同学科科学家交流的共同语言、制定多样化的科学交流项目（包括每周一次的研讨会、主题午餐会、年度研讨会和静修会）可增强不同学科科研人员间的合作[54]。G. P. W. Jewitt 和 A. H. M. Gorgens 通过项目实践提出合作促进措施，包括：①开发跨学科参与工具：开发基于质性规则的模型（Qualitative Rule-based Model），用于捕获不同专业专家的观点，激起项目成员的参与；②形成规模问题的解决方案；③不同专业的术语需转化为团队成员可理解的词汇；④设置可实现的、体现合作者共同概念的目标[40]。S. M. Reich 和 J. A. Reich 指出，合作成员需认识到学科文化差异，重视多样性，培养自我评估能力，避免使用象征主义、非正式等级制度和学科监管[55]。

（2）技术层面的促进策略。随着研究课题的复杂化，大规模跨学科科研项目需解决数据管理挑战，W. M. Wang 等以"合作研究中心 1026"项目（Collaborative Research Center 1026，CRC1026）为例，开发了基于本体的基础应用程序和消息板集成任务管理系统，以交换和组合研究结果，根据所涉及学科知识的逻辑相互关系对来自不同学科的 19 个单独项目的数据进行系统存储、分类和链接[56]。S. L. Müller 等提出一个有效提升跨学科科研合作质量和氛围的迭代监管流程（iterative regulatory process），涉及组织运行、持续的绩效评估、数据压缩和分析、内容分析和反思、识别和执行合适的测量方法[57]。为解决跨学科合作中学科术语差异带来的理解问题，T. Kumazawa 等引入本体工程方法，实现不同学科术语、概念和语义的相通，使科研人员能共享共同的语言和理论基础[58]。

4.2 国内研究

4.2.1 跨学科科研合作现状与潜在合作

（1）跨学科科研合作现状分析。跨学科合著论文是反映跨学科科研合作的重要途径之一，通过计量分析能够了解不同学科之间的合作跨度和强度。王海平等认为学院的划分是以学科为基础，因此 2 位以上作者分属不同学院则视为跨学科科研合作，并以国内外 5 所理工院校在 2005－2014 年校内不同学院合作论文为研究对象，通过社会网络分析方法分析远缘跨学科科研合作的特征[59]。李冲和于慧颖同样认为院系设置是以学科为基础，并从合作强度、影响力、合作机构 3 个方面对清华大学、北京大学、华中科技大学、厦门大学的教育研究院的跨学科合作现状进行对比[60]。张琳等以 2014－2016 年 ESI 社会科学领域高被引学者的论文为例，结合合作机构与参考文献两者的学科多样性来判定不同学科的机构合作对产生交叉科研成果的作用和差异性，该研究也以机构名称作为界定学科的标准，但在机构地址的数据处理过程中，作者遵循一定的原则和流程，例如对带有专业名词缩写 Med、Bio、Stat 等的机构，直接确定学科属性，对难以确定的词汇进行人工查询再确定学科归属[61]。

（2）潜在跨学科合作者与合作主题识别。开展跨学科科研合作的先导工作之一就是寻找合适的合作者，然而社会关系与学科壁垒等因素使之变得艰难。识别潜在跨学科合作者可帮助科研人员明确合作对象，推动合作开展。以李长玲为代表的研究团队以关键词或引文为中介来识别不同学科之间潜在的合作主题或合作者，进行了一系列探索。例如刘小慧等以图书情报学与计算机科学为例构建跨学科作者－核心关键词 2－模网络，识别最佳跨学科合作组合[62]；李长玲等以图书情报学与计算机学科为例，通过 VBA 语句抽取两学科的交叉研究主题，识别潜在的跨学科合作组合[63]；李长玲等基于引文网络构建作者潜在跨学科合作强度模型并计算潜在跨学科合作强度，从而识别潜在跨学科合作者[64]。

4.2.2 跨学科科研合作影响因素

（1）学科壁垒与管理体制。学科的特征在于其不依赖于其他学科的独立性，然而科学是内在的整体，其被分割在相互独立的部门中并不是取决于事物本质，而是反映了人类认识能力的局限[65]。陈德辉以地球科学研究为例，指出合作面临的不仅是技术问题，更是行政管理问题，其中阻碍因素包括：科研经费投入不足、学科壁垒阻碍资源共享、缺乏科学高效的的合作机制[66]。赵劲松认为我国高校跨学科科研组织的体制障碍来源于学科资源固化的院系管理模式，包括人事与评价、项目与经费、研究生管理、场地与设备[67]。王靖将管理障碍归纳为：学科组织结构、科研行政管理、传统的学术评价制度、科研经费投入机制、相关配套制度支撑[68]。于汝霜认为学科利益、科技管理评价体

制、跨学科交流平台和支持条件是限制高校教师开展跨学科学术交往与合作的主要因素[69]。

（2）个体差异。个体异质性是跨学科科研合作形成的关键推动因素,有利于实现不同学科的知识交流和资源共享,优势互补、互利共赢。张玲玲等的研究显示,科学家及其组织背景的异质性越强,科研产出的影响力越大[70]。尤莉[71]和黄淑芬[72]通过实证调查分别发现,跨学科团队成员的知识技能和专业经验,学科异质性、认知异质性与组织异质性均对创新绩效产生促进作用。冯志刚和张志强的研究表明,行为态度、感知行为控制和主观规范对潜在跨学科合作的开展有显著正向影响[73]。

4.2.3 跨学科研究团队知识交互

科研人员间的信息交流与知识交互是跨学科科研合作的重要环节[74],目前国内研究大部分尚未直接从跨学科科研合作的角度论及知识交互问题,而是在探究跨学科研究团队中间接反映这一问题,主要涉及知识整合、共享和创新等方面:①知识整合机理。张宝生和张庆普以耗散结构理论为工具,从熵减机制、学科互补机制、耦合机制、触发机制描绘了跨学科团队知识整合机制[75]。孙艳丽和于汝霜认为,有效交流是促进跨学科团队知识整合的关键,团队成员在研究初始阶段结合各自学科阐释研究问题,在研究阶段对数据需求和收集方法进行沟通,在分析阶段基于信任对数据进行解读[76]。②知识共享行为。李立睿和邓仲华将数据共享行为涉及的核心要素归纳为 3 个方面,分别是数据共享主体(各学科团队成员)、数据共享客体、数据共享环境(合作氛围、管理支持)[77]。张雪燕从主体因素、客体因素、环境因素、社会网络因素构建高校跨学科团队知识共享影响机制模型,从社会网络节点、结构、关系探讨其机理[78]。③知识创新机制。王馨以钱学森系统科学研讨团队和航天某创新团队 2 个案例为基础,总结了跨学科团队知识协同创造过程,即“知识表述——知识解释——知识涌现——知识建构”4 阶段,构建协同知识创造过程模型[79]。此外,不少研究集中关注高校跨学科研究团队创新能力影响因素,例如张婷的研究表明,信任关系、创新氛围、团队学习型文化和制度支持均正向促进跨学科团队创新绩效[80]。

4.2.4 跨学科科研组织模式与管理机制

跨学科科研合作形式多种,大多是处在某种类型的跨学科科研组织中开展的,具有一定的组织模式和管理机制。相关研究聚焦于跨学科科研组织运行模式、运行机制、治理策略。

（1）跨学科科研组织运行模式。学者们对高校跨学科科研组织运行模式进行了分类,分类结果大同小异。具体而言,陈亚玲将其划分为独立建制型(单独建制形成跨学科研究学院)、利益分享型(科研人员来自不同学院)、独立预算(校级跨学科研究机构)[81]。周朝成将其划分为 4 个类型:跨学科性学院或学系、跨学科研究中心、跨学科平台(包括跨学科实验室和科技创新平台与基地)、跨学科研究团队[82]。唐福涛等将其划分为课题组模式、研究中心模式、重点实验室模式,并且说明这几种模式并不相互独立[83]。

（2）跨学科科研组织运行机制。高效运行和创新的关键在于确立良好的运行机制。吴树山等提出跨学科科研组织构建的共性战略包括发展目标的确立、要素条件的建立、运行机制的健全[84]。水超和孙智信认为在战略目标、组织结构、评价机制、交流制度、激励制度、环境建设中,科研人员交流与合作是重点[85]。张伟和赵玉麟对比了跨学科研究系统发展不同阶段(初始阶段、过渡阶段、高级阶段)的运作机制,认为整合式学科范式、合作型知识生产方式、团队式工作方式、网状和服务式领导关系有助于组织高效运行[86]。

（3）跨学科科研组织治理。研究资产专用、合约不完备、信息不对称等因素使高校跨学科团队成员存在机会主义行为,包括潜在合作者刻意隐瞒个人科学知识、技术和信誉,合作出现“搭便车”现象,文少保和毕颖认为需进行事前防范治理、事中监督治理、事后激励治理[87]。周朝成认为跨学科研究组织存在学科文化、学科权力、学科利益层面的冲突,共同治理学科冲突需具备 4 个要素:共同目标、利益分享机制、权力制衡机制、文化共同话语框架[88]。

5 推动跨学科科研合作发展的实践

5.1 科研资助机构的跨学科科研合作资助

5.1.1 美国国家科学基金会(National Science Foundation, NSF)

2016 年 9 月 NSF 宣布开展一系列“食品 – 能源 – 水系统关联(Food, Energy and Water Systems, FEW)”联合研究项目,通过跨学科研究汇集所有科学和工程领域知识来理解、设计与模拟 FEW 的关联性,其中 4 000万美元用于促进研究机构合作[89]。2017 年 8 月 8 日,NSF 提供 1 600 万美元资助 19 个跨学科脑研究项目,来自约翰·霍普金斯大学、纽约大学、费城儿童医院、索克生物研究所等机构的 19 个跨学科团队进行创新研究,致力于推进认知科学和神经科学前沿研

究[90]。2017 年 8 月 24 日，NSF 拨款 1 770 万美元资助 12 个数据科学原理跨学科研究项目（Transdisciplinary Research in Principles of Data Science，TRIPODS），第一阶段资助覆盖 11 个州的 14 家研究机构，主要支持小型合作机构发展，例如纽约州立大学石溪分校、西北大学、理海大学的合作项目“合作研究：TRIPODS 优化与学习研究所（Collaborative Research：TRIPODS Institute for Optimization and Learning）”，通过数学家、统计学家和计算机科学家间的合作加速现代数据科学基础的发展，促进可持续的数据驱动型发现与突破[91]。

5.1.2 英国研究理事会

2016 年 5 月 13 日，英国生物技术与生物科学研究理事会（Biotechnology and Biological Sciences Research Council，BBSRC）、医学研究理事会（MRC）、艺术与人文研究理事会（Arts and Humanities Research Council，AHRC）、经济与社会研究理事会（Economic and Social Research Council，ESRC）和自然环境研究理事会（Natural Environment Research Council，NERC）首次启动一项总费用为 4 000 万英镑的跨学科联合研究项目，致力于解决非传染性疾病、全球性传染病、农业及食品系统等领域的重大问题[92]。

5.1.3 中国国家自然科学基金委员会（National Natural Science Foundation of China，NSFC）

NSFC 注重与国际上重要的科研资助机构联合开展跨学科科研合作项目资助。2010 年 NSFC 与德国科学基金会（DFG）签署“中德跨学科重大合作研究项目（SG-JIRP）”协议，共同支持两国科学家团队开展跨学科合作研究项目，来自两国各 3－5 个研究机构的科研人员组成研究团队联合向 NSFC 和 DFG 递交申请，开展具有国际水平的长期跨学科合作[93]。2015 年 12 月 15 日，NSFC 与英国 MRC、BBSRC、ESRC 启动双边合作协议共同资助抗菌药物耐药领域的中英合作跨学科研究项目，以促进两国科学家之间的合作与交流[94]。2017 年，NSFC 与 NSF 签订双边协议，共同资助中美两国科学家在 FEW 的系统关联研究领域开展合作研究[95]。

5.2 大型科研机构的跨学科科研合作项目

长久以来，国际上一批大型科研机构一直致力于探寻与全人类发展息息相关的重大发明和发现。近年来随着大科学研究项目的发展，这些大型科研机构不断寻求全球性的、跨学科的、大规模的科研合作，其中最典型的当属美国国家航空航天局（National Aeronautics and Space Administration，NASA）。据外媒 2015 年 4 月 24 日报道，NASA 目前正在汇集各个科学领域的专家，组建跨学科研究团队，共同寻找太阳系外星球上的生命迹象。该项目涉及大气、地质、海洋等多个学科和研究领域，需联合天文学家、行星研究专家、气候研究科学家与顶尖研究团队的力量[96]，结合多个学科的知识和研究方法合作探索和攻克。

5.3 世界一流高校的跨学科科研合作平台与项目

近年来不少高校，尤其是世界一流高校，都十分重视跨学科研究与合作，通过特定平台与项目推动医学、生命科学、信息科学等领域的跨学科科研合作。国外有斯坦福大学跨学科研究机构、剑桥大学卡文迪许实验室、哈佛大学“数据科学计划”项目等，国内有北京大学前沿交叉学科研究院、清华大学“脑与智能实验室”与“未来实验室”、中国人民大学数字人文研究中心、武汉大学“武汉地球空间信息创新平台”与“数字空间与社会治理”智库联盟等。在平台方面，武汉大学近年来打造超过 60 个人文社科跨学科研究机构[97]，为跨学科科研合作提供了重要平台，其中“武汉地球空间信息创新平台”由近 10 个一级学科支撑，致力于实现人才的高端汇聚、多学科知识融合和科研创新能力的显著提升。在项目方面，哈佛大学推出“数据科学计划（Data Science Initiative）”[98]，汇集来自医学院、公共健康学院、商学院、法学院、艺术和科学学院、政府学院、教育学院和工程学院的科研人员对大量自然科学、工程、社会科学和医学领域数据进行深入分析，通过跨学科合作探究创新性方法，应用到广泛的社会和科学挑战中，惠及人类。

5.4 重要国际会议

目前在国际范围的学术会议中，以“跨学科研究”为主要议题的会议较多，而聚焦于“跨学科科研合作”议题，且涵盖学科多、影响范围广的会议有以下 3 个：

5.4.1 全球研究理事会（Global Research Council，GRC）会议

GRC 由美国国家科学基金会、德国科学基金会和中国科学院等 11 家机构发起，汇集世界各地科学和工程资助机构负责人，致力于促进全球资助机构之间高质量合作相关的数据和最佳实践共享，强调合作研究可提高科学质量、避免不必要的重复、提供规模经济以及解决只能通过合作解决的问题。2016 年 5 月 25 日－27 日，GRC 在印度新德里召开第五届会议，其主题之一便是“跨学科研究”，会议通过了《资助跨学科研究原则声明》，是跨学科研究资助领域的重要文件，为全世界资助机构提供一套原则和一系列潜在行动，以

创造投资和支持跨学科研究所需的有利环境[99]。

5.4.2 美国国家科学院凯克未来计划(National Academies Keck Futures Initiatives, NAKFI)年会

NAKFI 由美国国家科学院(National Academies)和凯克基金会(W. M. Keck Foundation)于 2003 年 5 月宣布成立,致力于打破跨学科研究的概念和制度障碍,激发新的探究模式,实现跨学科研究的全部潜力,为科学和社会带来利益。2010 年其年会主题为"成像科学(Imaging Science)",致力于综合物理、化学、数学、计算机科学和认知科学等学科知识来了解图像捕获和分析的影响因素,超过 170 名来自天文学、环境监测、教育和医疗保健等不同领域的顶尖科研人员在会议上讨论其应用领域,以及如何用于解决复杂问题。会议还提供 100 万美元种子资助用于鼓励和支持该领域的跨学科科研合作[100]。2017 年年会主题为"超越边界:15 年来关于科学、工程和医学交叉点的探索(Beyond Boundaries: 15 Years of Exploring Intersections in Science, Engineering and Medicine)",会议除了在健康与医学、人机交互、环境与系统、教育等主题进行交流,还分享了支持跨学科和团队科学的战略[101]。

5.4.3 美国科学促进会(American Association for the Advancement of Science, AAAS)

AAAS 成立于 1848 年,是第一个在国家层面促进科学和工程发展并代表其所有学科利益的常设组织,标志着美国国家科学界的出现。AAAS 致力于在全世界推动科学、工程和创新并造福所有人,而推进国际科学合作则是其目标之一。其年会是全球性的科学聚会,也是科研人员与未来跨学科合作者建立联系的重要活动。2019 年其年会主题定为"科学超越边界(Science Transcending Boundaries)",通过探讨不同学科交叉融合的方式和策略,解决社区、全球社会和科学本身的许多分歧,以此推进科学发展和解决人类面临的重大挑战[102]。

6 比较与展望

6.1 国内外理论与实践异同点

在理论研究和学术实践方面,国内外的发展特点和问题既有共性也存在差异:①在共同点方面,目前跨学科科研合作已逐渐受到国内外学者的关注和研究,且注重与社会发展背景或科研项目特点相联系,侧重于影响因素的探讨;在实践上,国内外相关跨学科研究机构相继成立,且面向跨学科科研合作项目的资助逐渐确立和强化,为跨学科科研合作实践提供平台和资金支持。②在差异性方面,理论研究层面主要在研究的针对性、研究方法、研究视角上存在不同;而实践发展层面主要在政策与规划的针对性、相关学术机构的支持、学术会议影响力上存在差异。具体内容如表 3 所示:

表 3 国内外跨学科科研合作领域理论与实践差异比较

层面	不同点	国外	国内
理论研究	内容针对性	聚焦于"跨学科科研合作"的研究较多,而不仅停留在"跨学科引用"层面	大部分研究集中关注特定主题的跨学科性测度、学科间的知识流动
	研究方法	大多基于实证研究方法,包括深度访谈、案例研究、民族志研究等	聚焦"跨学科研究合作"问题的研究,主要采用计量分析方法,涉及合作现状与潜在合作识别
	研究视角	普遍从某一项目、研究领域或要素切入,具有特定场景性和时间性,难以全面反映当前社会环境和科研环境下跨学科科研合作的特点与新需求	部分研究涉及跨学科科研合作,但主要集中在策略探讨部分,尚未聚焦和深入,如跨学科团队知识整合、共享与创新,跨学科科研组织模式与治理,均强调合作与交流对于组织绩效的重要性
实践发展	政策与规划的针对性	国家层面的政策和高校层面的战略规划相适应,强调其重要性,并逐步完善支持跨学科科研合作的基础设施建设	近年来在一些国家级重要政策或报告中强调其重要性,但专门性的跨学科科研合作政策或规划较少
	学术机构支持程度	科研资助机构、大型科研机构、高校以重大研究问题为导向,陆续资助和实施了一批重要的跨学科科研合作项目	高校层面已有不少跨学科科研机构成立并运行;主要科研资助机构设置了跨学科研究专项项目,但多数合作项目由其他国家科研资助机构主导
	学术会议影响力	一些影响广泛的国际学术组织在跨学科会议中关注跨学科科研合作议题	强调跨学科科研合作的会议逐渐兴起,但影响范围有待提升

6.2 展望

通过本研究可以发现,跨学科科研合作是适应学术新生态与国家战略发展需求的重要科研模式,然而当前的研究尚未聚焦和深入,具体的合作机制与保障体系尚未完善,较难系统科学地指导实践发展。针对上述总结的共性和差异性问题,笔者认为在未来的研究中需关注以下几个问题,以推进理论研究与学术实践的良性互动。

6.2.1 以新的社会环境和科研环境为背景,强调跨学科科研合作的问题导向性和需求导向性

科学研究存在两个"中心系统"的划分:以对象为中心的系统和以问题为中心的系统。其中以问题为中心的系统主要进行开发和对策研究,适于解决实际问题[103]。从我国当前社会发展的现实与需求来看,党的十八大提出实施创新驱动发展战略,明确指出"科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑,必须摆在国家发展全局的核心位置",党的十九大进一步强调"创新是引领发展的第一动力"。跨学科科研合作强调以研究问题为导向,致力于解决各种重大的、复杂的、甚至是全球性问题,其所倡导的以科学创新推进社会进步的理念与我国创新驱动发展战略相适应。回顾已有研究,普遍具有时间和环境局限性,难以客观地反映当前社会环境和科研环境下跨学科科研合作的新特点与新需求。因此,未来研究需围绕国家创新驱动发展战略,以国家重大战略需求、社会发展需求与科研人员需求为依据,厘清国内外跨学科科研合作的理论基础、应用领域、实践进展和发展动向,为后续研究奠定基础。

6.2.2 明确当前跨学科科研合作的影响因素,构建系统的跨学科科研合作运行保障体系

新时代下,学术生态系统日趋多元、庞大和复杂,跨学科科研合作在形成与运行中受到多方因素影响,既有积极的推动因素,例如社会需求转型、政策激励,也存在多种障碍因素,例如传统学科体制限制、科研管理和评价制度不适应、合作平台不完善、专项资助不足等。系统研究相关因素并厘清相互关系,对推动跨学科科研合作的研究与实践具有重要的意义。目前关于跨学科科研合作影响因素的研究,大多只关注某一要素、某一领域或某一研究项目,缺乏系统性论述。因此,未来需面向科研机构和科研人员开展实证研究,系统识别当前我国跨学科科研合作运行的影响因素,构建系统的跨学科科研合作运行保障体系,在诸如政策保障、科研管理与评价制度保障、科研资助与经费保障、资源保障、合作平台与技术保障、管理与服务保障等问题上有新的发现、见解和突破,保障其科学高效运行与可持续发展。

6.2.3 全面调查和比较国内外跨学科科研合作运行模式和管理机制,形成符合我国现实的发展模式

近年来跨学科科研合作已逐渐受到政府、高等院校、科研机构、科研资助机构与科研人员的关注,一批致力于推动其发展的机构与项目相继建立。根据科学研究的组织形式,跨学科科研合作存在不同的类型,除了跨学科研究实体组织的合作,还有个人自发形成的合作、科研项目组成的团队合作等。已有研究成果,尤其是国内研究主要探讨跨学科科研组织的运行与管理,未聚焦于合作的运行模式问题;此外,现有学科体制和跨学科科研合作模式存在一定冲突,需探索科学的运行模式,实现平衡、协调与创新。厘清这一问题,需全面收集国内外相关科研机构、团队、项目的跨学科科研合作实践案例,并进行模式归纳和比较,对不同模式的应用情境及在我国的适用性进行分析。此外大量研究证明,目标设定、合作氛围、相互认同、尊重与信任、时间与精力投入、共同愿景等组织管理问题对合作发展具有重要影响,因此需进一步探究不同运行模式中相关管理要素的构成和作用机制。

6.2.4 系统剖析跨学科科研合作利益相关者,深入研究合作行为及其交互机制

每一门学科都有各自独特的知识系统,包括语言系统、研究策略、研究规则等要素。目前相关研究大部分涉及跨学科研究团队知识整合、共享、创造和创新,需进一步探究深度合作的方式,包括知识、方法、技术、资源的共享和融合,以及对科研绩效的影响,区分不同的合作模式下的交互差异,重点探究思维差异和方法论差异带来的交流问题。此外,在合作运行和合作效果问题中,除关注合作者的交互行为外,还需考虑多元利益相关者的影响和作用。不同学科有不同的评价体系,而科研人员在合作项目中有各自的需求和目标,往往牵涉经费管理、资源配置、成果分配与知识产权等问题。因此需要明确跨学科科研合作的利益相关者,将政策制定者、项目资助者、合作研究者、成果转化者相联系,形成系统的生态链。在此基础上剖析合作者之间、多元利益相关者之间的知识交互机制、博弈演化机制、利益协调机制,更好地理解科研人员的跨学科科研合作行为特点,实现不同学科科研人员知识、资源、研究方法与技术的高效有序融合,联合攻克重大复杂科学问题。

参考文献:

[1] KLEIN J T, FALK-KRZESINSKI H J. Interdisciplinary and collaborative work: framing promotion and tenure practices and policies[J]. Research policy, 2017, 46(6):1055-1061.

[2] 赵晓春. 现代科学跨学科研究的模式探析[J]. 中国科技论坛, 2008(11):89-92.

[3] 黄颖,张琳,孙蓓蓓,等. 跨学科的三维测度——外部知识融合、内在知识会聚与科学合作模式[J]. 科学学研究,2019,37(1):25-35.

[4] 邱均平,曹洁. 不同学科间知识扩散规律研究——以图书情报学为例[J]. 情报理论与实践,2012,35(10):1-5.

[5] 吴江,金妙,陈君.基金视角下的学科知识流动网络构建与分析[J].图书情报工作,2016,60(8):79－85.

[6] 吴江,金妙.基于基金代码共现的学科知识流动网络研究[J].情报杂志,2016,35(6):23－28.

[7] 徐晴.我国图书情报学跨学科知识转移态势研究[J].图书情报知识,2016(3):96－102.

[8] 王媛媛.封闭与开放:走向学科研究与跨学科研究的统一[J].高等教育研究,2010,31(5):47－49,38.

[9] 张庆玲.知识生产模式Ⅱ中的跨学科研究转型[J].高教探索,2017(2):31－36.

[10] 许海云,尹春晓,郭婷,等.学科交叉研究综述[J].图书情报工作,2015,59(5):119－127.

[11] 刘仲林,赵晓春.跨学科研究:科学原创性成果的动力之源——以百年诺贝尔生理学和医学奖获奖成果为例[J].科学技术与辩证法,2005(6):107－111.

[12] 陈仕吉，ARSENAULT C，LARIVIERE V. 跨学科研究在科学研究中越来越重要? [J]. 科学学研究,2018,36(7):1153－1160, 1195.

[13] 樊春良.美国科技政策的热点和走向——基于美国科学促进会2018年会的观察[J].全球科技经济瞭望,2018,33(2):11－15.

[14] Committee on Facilitating Interdisciplinary Research. Facilitating interdisciplinary research[R]. Washington, DC: National Academies Press,2004.

[15] FASEB. Investing in America's future: Barack Obama and Joe Biden' plan for the science and innovation[EB/OL].[2021－01－03]. http://www.faseb.org/portals/2/pdfs/opa/2008/ObamaFactSheetScience.pdf.

[16] DAVÉ A, HOPKINS M, HUTTON J, et al. Landscape review of interdisciplinary research in the UK[EB/OL].[2021－01－03]. https://http://sro.sussex.ac.uk/id/eprint/65332/1/2016HEFCE_Landscape%20review%20of%20UK%20interdisciplinary%20research.pdf.

[17] HEFCE. Case study review of interdisciplinary research in higher education institutions in England[EB/OL].[2021－01－03]. https://emps.exeter.ac.uk/media/universityofexeter/emps/research/cee/news/Technopolis-Case_study_of_interdisciplinary_research_in_HEIs_in_England.pdf.

[18] ACOLA. Strengthening interdisciplinary research: what it is, what it does, how it does it and how it is supported[EB/OL].[2021－01－03]. https://acola.org.au/wp/PDF/Strengthening%20Interdisciplinary%20Research.pdf.

[19] Carnegie Mellon University. Strategic plan 2025[EB/OL].[2021－01－03]. https://www.cmu.edu/strategic-plan/university-community/index.html.

[20] Boston University. Strategic plan[EB/OL].[2021－01－03]. http://www.bu.edu/plan2015/05/.

[21] 中华人民共和国国务院.国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006－2020年)[EB/OL].[2021－01－03]. http://www.gov.cn/jrzg/2006-02/09/content_183787.htm.

[22] 中华人民共和国中央人民政府.中共中央 国务院印发《国家创新驱动发展战略纲要》[EB/OL].[2021－01－03]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2016/content_5076961.htm.

[23] 中华人民共和国中央人民政府.国务院关于印发"十三五"国家科技创新规划的通知[EB/OL].[2021－01－03]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content_5098072.htm.

[24] GIGLIA E. Academic social networks: it's time to change the way we do research[J]. European journal of physical and rehabilitation medicine, 2011, 47(2):345－350.

[25] PRICE D J D S. Little science, big science[M]. New York: Columbia University Press, 1963.

[26] 杨善林,吕鹏辉,李晶晶.大科学时代下的科研合作网络[J].西安交通大学学报(社会科学版),2016,36(5):94－100.

[27] 郑海燕. SSCI和A&HCI收录中国人文社会科学合著论文统计分析(1995－2004年)[J].社会科学管理与评论,2007(4):47－55.

[28] 国务院.国务院关于印发国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012－2030年)的通知[EB/OL].[2021－01－03]. http://www.gov.cn/zwgk/2013-03/04/content_2344891.htm.

[29] 教育部 财政部 国家发展改革委.关于印发《统筹推进世界一流大学和一流学科建设实施办法(暂行)》的通知[EB/OL].[2021－01－03]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-01/27/content_5163903.htm#1.

[30] 杨良斌.跨学科学的理论基础探讨[J].图书情报工作,2011,55(16):29－32,41.

[31] 曾粤亮,司莉.组织视角下跨学科科研合作运行机制研究——以斯坦福大学跨学科研究机构为例[J].图书与情报,2020(2):64－75.

[32] NRC. Convergence: facilitating transdisciplinary integration of life sciences, physical sciences, engineering, and beyond[M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2014.

[33] BEAVER D D. Reflections on scientific collaboration (and its study): past, present, and future[J]. Scientometrics, 2001, 52(3):365－377.

[34] 国务院.关于印发积极牵头组织国际大科学计划和大科学工程方案的通知[EB/OL].[2021－01－03]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-03/28/content_5278056.htm.

[35] 新华社.习近平:在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上的讲话[EB/OL].[2021－01－03]. http://www.gov.cn/xinwen/2018-05/28/content_5294322.htm.

[36] GUNS R, ROUSSEEAU R. Recommending research collaborations using link prediction and random forest classifiers[J]. Scientometrics, 2014, 101(2): 1461－1473.

[37] The university of Alabama at Birmingham. Forging the future: UAB's strategic plan (2018－2023)[EB/OL].[2021－01－03]. http://www.uab.edu/plan/.

[38] 国务院.国务院关于印发统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案的通知[EB/OL].[2021－01－03]. http://www.

gov. cn/zhengce/content/2015-11/05/content_10269. htm.
[39] MAGLAUGHLIN K L, SONNENWALD D H. Factors that impact interdisciplinary natural science research collaboration in academia [C]// Proceedings of the 10th international conference of the international society for scientometrics and informetrics. Stockholm: Karolinska University Press, 2005:499 - 508.
[40] BARTHEL R, SEIDL R. Interdisciplinary collaboration between natural and social sciences-status and trends exemplified in groundwater research[J]. Plos one, 2017, 12(1):e0170754.
[41] JEWITT G P W, GORGENS A H M. Facilitation of interdisciplinary collaboration in research: lessons from a kruger national park rivers research programme project[J]. South African journal of science, 2000, 96(8):410 -414.
[42] KARP G G, MACKENZIE S H, SON J S, et al. Facilitating collaborative interdisciplinary research: exploring process and implications for leisure scholars[J]. Leisure/ Loisir, 2016, 40(2):201 -223.
[43] WESTON C M, BASS E B, FORD D E, et al. Faculty involvement in translational research and interdisciplinary collaboration at a US academic medical center[J]. Journal of investigative medicine, 2010, 58(6):770 -776.
[44] SIMMONS O G, DAVIS J A. Interdisciplinary collaboration in mental illness research[J]. American journal of sociology, 1957, 63(3):297 -303.
[45] GARDNER S K. Paradigmatic differences, power, and status: a qualitative investigation of faculty in one interdisciplinary research collaboration on sustainability science[J]. Sustainability science, 2013, 8(2):241 -252.
[46] HELLER C A, MICHELASSI F. Forging successful interdisciplinary research collaborations: a nationwide survey of departments of surgery[J]. Surgery, 2012, 151(4):502 -509.
[47] BISHOP P R, HUCK S W, OWNLEY B H, et al. Impacts of an interdisciplinary research center on participant publication and collaboration patterns: a case study of the national institute for mathematical and biological synthesis[J]. Research evaluation, 2014, 23(4):327 -340.
[48] RHOTEN D. A multi-method analysis of the social and technical conditions for interdisciplinary collaboration[EB/OL]. [2021 -01 -03]. https://s3. amazonaws. com/ssrc-cdn1/crmuploads/new_publication_3/a-multi-method-analysis-of-the-social-and-technical-conditions-for-interdisciplinary-collaboration. pdf.
[49] HORWITZ A R. Building bridges through collaboration - a pathway for interdisciplinary research[J]. Trends in cell biology, 2003, 13(1):2 -3.
[50] ROGERS Y, SCAIFE M, RIZZO A. Interdisciplinarity: an emergent or engineered process? [M]. London: Taylor and Francis, 2005.
[51] CROW G M, LEVINE L, NAGER N. Are three heads better than one? reflections on doing collaborative interdisciplinary research [J]. American educational research journal, 1992, 29(4):737 -753.
[52] SILVA K T, PEETERS R, LEWIS J. Promoting interdisciplinary collaboration in health research in developing countries: lessons from the triangle programme in Sri Lanka[J]. Acta tropica, 1994, 57(2 -3):175 -184.
[53] BINDLER R C, RICHARDSON B, DARATHA K, et al. Interdisciplinary health science research collaboration: strengths, challenges, and case example[J]. Applied nursing research, 2012, 25(2):95 -100.
[54] STONE J E, BENFEY P N, YOU L C. Promoting collaborative interdisciplinary research at the Duke center for systems biology[J]. ACS synthetic biology, 2012, 1(5):153 -155.
[55] REICH S M, REICH J A. Cultural competence in interdisciplinary collaborations: a method for respecting diversity in research partnerships[J]. American journal of community psychology, 2006, 38(1 -2):51 -62.
[56] WANG W M, GOPFERT T, STARK R. Data management in collaborative interdisciplinary research projects-conclusions from the digitalization of research in sustainable manufacturing[J]. ISPRS international journal of geo-information, 2016, 5(4):41.
[57] MULLER S L, THIELE T, JOOβ C, et al. Managing interdisciplinary research clusters[M]. Berlin: Springer International Publishing, 2016.
[58] KUMAZAWA T, HARA K,ENDO A, et al. Supporting collaboration in interdisciplinary research of water-energy-food nexus by means of ontology engineering[J]. Journal of hydrology: regional studies, 2017(11):31 -43.
[59] 王海平,董伟,王杰. 协同创新视角下中美研究型大学远缘跨学科学术合作状况研究[J]. 高等工程教育研究,2015(4):49 -54.
[60] 李冲,于慧颖. 高等教育研究机构跨学科科研合作现状评估——基于国内四所机构的文献计量分析[J]. 上海教育评估研究,2018,7(4):75 -79.
[61] 张琳,孙蓓蓓,黄颖. 跨学科合作模式下的交叉科学测度研究——以ESI社会科学领域高被引学者为例[J]. 情报学报,2018,37(3):231 -242.
[62] 刘小慧,李长玲,刘运梅,等. 基于作者 - 核心关键词2 - 模网络的潜在跨学科合作组合识别——以图书情报学与计算机科学为例[J]. 情报理论与实践,2018,41(2):105 -110.
[63] 李长玲,崔斌,刘小慧,等. 作者潜在跨学科合作度模型构建与合作组合识别——以图书情报学与计算机学科为例[J]. 情报理论与实践,2017,40(7):61 -66.
[64] 李长玲,冯志刚,刘运梅,等. 基于引文网络的潜在跨学科合作者识别——以图书情报学为例[J]. 情报资料工作,2018(3):93 -98.
[65] 黎鸣. 试论唯物辩证法的拟化形式[J]. 中国社会科学,1981(3):3 -23.
[66] 陈德辉. 地球科学中的跨学科合作问题——从大气学科说起

[J]. 国际地震动态,1997(Z1):10－14.
[67] 赵劲松,叶建平. 大学跨学科科研组织的体制困境与突破[J]. 科研管理,2008,29(S1):17－19,28.
[68] 王靖. 高校跨学科研究组织的管理创新[D]. 武汉:武汉理工大学,2007.
[69] 于汝霜. 高校教师跨学科交往影响因素实证研究[J]. 中国高教研究,2015(4):90－94.
[70] 张玲玲,王蝶,张利斌. 跨学科性与团队合作对大科学装置科学效益的影响研究[J]. 管理世界,2019,35(12):199－212.
[71] 尤莉. 大学跨学科团队知识异质性与创新绩效关系的实证研究[J]. 国家教育行政学院学报,2017(3):62－69.
[72] 黄淑芳. 基于跨学科合作的团队异质性与高校原始性创新绩效的关系研究[D]. 杭州:浙江大学,2016.
[73] 冯志刚,张志强. 潜在跨学科合作行为影响因素分析[J]. 情报理论与实践,2020,43(2):114－120,149.
[74] 李晶,章彰,张帅. 跨学科团队信息交流规律研究:以威斯康辛麦迪逊分校为例[J]. 图书情报工作,2019,63(3):115－122.
[75] 张宝生,张庆普. 基于耗散结构理论的跨学科科研团队知识整合机理研究[J]. 科技进步与对策,2014,31(21):132－136.
[76] 孙艳丽,于汝霜. 跨学科科研团队知识整合的障碍及其运行机制研究[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估),2018(2):4－7.
[77] 李立睿,邓仲华. 基于系统动力学的跨学科团队数据共享研究[J]. 情报杂志,2015,34(2):174－179,207.
[78] 张雪燕. 社会网络视角下大学跨学科团队知识共享机制研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2015.
[79] 王馨. 跨学科团队协同知识创造中的知识类型和互动过程研究——来自重大科技工程创新团队的案例分析[J]. 图书情报工作,2014,58(3):20－26.
[80] 张婷. 跨学科团队知识转移情境对创新绩效影响研究——基于调节焦点理论[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2018.
[81] 陈亚玲. 大学跨学科科研组织:起源、类型及运行策略[J]. 高校教育管理,2012,6(3):45－49.
[82] 周朝成. 当代大学中的跨学科研究——学科文化与组织的视阈[D]. 上海:华东师范大学,2008.
[83] 唐福涛,冯玉萍,李春阳,等. 高校跨学科科研组织模式探究[J]. 当代教育理论与实践,2014,6(5):40－42.
[84] 吴树山,张海霞,李焕焕. 创新跨学科科研组织模式的思考[J]. 中国高校科技,2011(12):72－73.
[85] 水超,孙智信. 跨学科研究组织管理与运行机制的探析[J]. 科技管理研究,2010,30(9):22－24.
[86] 张伟,赵玉麟. 大学跨学科研究系统建构及其对我国大学的启示[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版),2011,41(6):47－58.
[87] 文少保,毕颖. 大学跨学科研究团队机会主义的治理[J]. 高校教育管理,2015,9(5):63－66.
[88] 周朝成. 大学跨学科研究组织冲突与治理对策:新制度主义的视角[J]. 教育发展研究,2014,34(9):40－45.
[89] NSFC. 国家自然科学基金委员会与美国国家科学基金会"食品、能源、水"系统关联合作研究项目申请指南[EB/OL]. [2021－01－03]. http://www.nsfc.gov.cn/publish/portal0/tab442/info74146.htm.
[90] 新华网. 美国投 1600 万美元资助跨学科脑研究[EB/OL]. [2021－01－03]. http://us.xinhuanet.com/2017-08/10/c_129677590.htm.
[91] NSF. New NSF awards will bring together cross-disciplinary science communities to develop foundations of data science[EB/OL]. [2021－01－03]. https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=242888.
[92] 环球网. 英斥巨资从事跨学科联合研究[EB/OL]. [2021－01－03]. http://w.huanqiu.com/r/MV8wXzg5Mjg5NjhfMjM1XzE0NjMxNjI2MTU%3D.
[93] NSFC. 国家自然科学基金委员会与德国科学基金会将共同资助中德跨学科重大合作研究项目[EB/OL]. [2021－01－03]. http://www.nsfc.gov.cn/publish/portal0/tab442/info62081.htm.
[94] 国家自然科学基金委员会, 国际合作局. 2016 年度国家自然科学基金委员会与英国医学研究理事会合作研究项目指南[EB/OL]. [2021－01－03]. http://bic.nsfc.gov.cn/Show.aspx?AI=373.
[95] NSFC. 2017 年度国家自然科学基金委员会与美国国家科学基金会"食品、能源、水"系统关联合作网络项目批准通告[EB/OL]. [2021－01－03]. http://www.nsfc.gov.cn/publish/portal0/tab434/info68847.htm.
[96] 人民网. NASA 组跨学科研究团队 探索太阳系外生命迹象[EB/OL]. [2021－01－03]. http://world.people.com.cn/n/2015/0424/c157278-26899205.html.
[97] 刘志伟. 从 1 亿到 11 亿——记武汉大学跨学科科研平台建设[N]. 科技日报,2010－11－08(5).
[98] Harvard University. Harvard launches data science initiative[EB/OL]. [2021－01－03]. https://news.harvard.edu/gazette/story/2017/03/harvard-launches-sweeping-data-science-initiative/.
[99] GRC. 2016 Annual meeting[EB/OL]. [2021－01－03]. https://www.globalresearchcouncil.org/meetings/annual-meetings/2016-meeting/.
[100] O'LEARY M. Imaging science offers new opportunities for interdisciplinary collaboration[EB/OL]. [2021－01－03]. https://www.medicalnewstoday.com/releases/209034.php.
[101] National Academy of Sciences. About Keck Futures Initiatives[EB/OL]. [2021－01－03]. http://www.nasonline.org/programs/keck-futures-initiative/.
[102] AAAS. AAAS 2019 Annual meeting[EB/OL]. [2021－01－03]. https://www.aaas.org/events/aaas-2019-annual-meeting.
[103] 张书琛. 学科的两大系统及其转换[J]. 系统辩证学学报,2001(3):6－8,12.

作者贡献说明:

曾粤亮:负责调研文献,分析数据,撰写论文;
司莉:负责调整研究思路,提出修改意见。

Interdisciplinary Research Collaboration: Background, Theoretical Research and Practice Progress

Zeng Yueliang[1] Si Li[2]
[1] School of Information Management, Central China Normal University, Wuhan 430079
[2] School of Information Management, Wuhan University, Wuhan 430072

Abstract: [Purpose/significance] Interdisciplinary research collaboration has become an important form and trend of academic research in the new era, and it plays a significant role in promoting scientific innovation and social progress. The analysis of its background, theoretical research and practical progress will lay the foundation for in-depth research of interdisciplinary research collaboration. [Method/process] The paper introduced the interdisciplinary research collaboration issue based on the emergence and development of interdisciplinary research, explained their connection, analyzed the development background of interdisciplinary research collaboration, summarized the main research themes and practical progress. [Result/conclusion] Foreign research topics focus on influencing factors, collaboration stage and content, and promotion strategies; domestic research involves collaboration status and potential collaboration, influencing factors, knowledge interaction of interdisciplinary team, and models and management mechanisms of interdisciplinary research organization. In recent years, research funding agencies grant interdisciplinary research collaboration projects, large-scale research institutions actively organize interdisciplinary research collaboration projects, world-class universities implement interdisciplinary research collaboration platforms and projects, and important international conferences advocate interdisciplinary research collaboration. Future research is supposed to emphasize the problem-oriented and demand-oriented nature of interdisciplinary research collaboration, and focus on the exploration of its operation guarantee system, operation mode and management mechanism, collaboration behavior and interaction mechanism.

Keywords: interdisciplinary research collaboration interdisciplinary research research collaboration scientific innovation